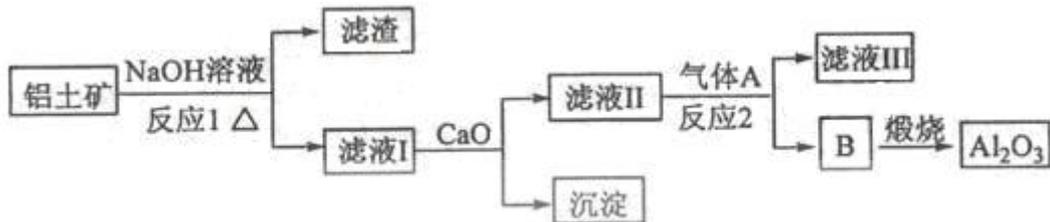


铝、镁及其化合物综合探究

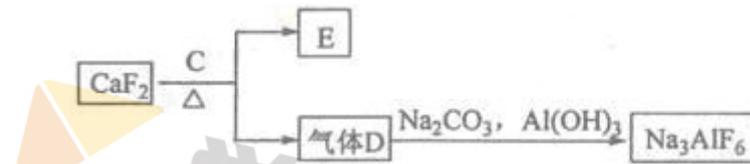
例题讲解

【例 1】 铝是一种应用广泛的金属，工业上用 Al_2O_3 和冰晶石 (Na_3AlF_6) 混合熔融电解制得其单质。

① 铝土矿的主要成分是 Al_2O_3 和 SiO_2 等。从铝土矿中提炼 Al_2O_3 的流程如下：



② 以萤石 (CaF_2) 和纯碱为原料制备冰晶石的流程如下：



回答下列问题：

- 写出反应 1 的化学方程式_____；
- 滤液 I 中加入 CaO 生成的沉淀是_____，反应 2 的离子方程式为_____；
- E 可作为建筑材料，化合物 C 是_____，写出由 D 制备冰晶石的化学方程式_____；
- 电解制铝的化学方程式是_____，以石墨为电极，阳极产生的混合气体的成分_____。

【来源】 2013 年大纲卷

【答案】 (1) $2\text{NaOH} + \text{SiO}_2 = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{NaOH} + \text{Al}_2\text{O}_3 = 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

(2) CaSiO_3 $2\text{AlO}_2^- + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{CO}_3^{2-}$

(3) 浓 H_2SO_4 $12\text{HF} + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{Al}(\text{OH})_3 = 2\text{Na}_3\text{AlF}_6 + 3\text{CO}_2 + 9\text{H}_2\text{O}$

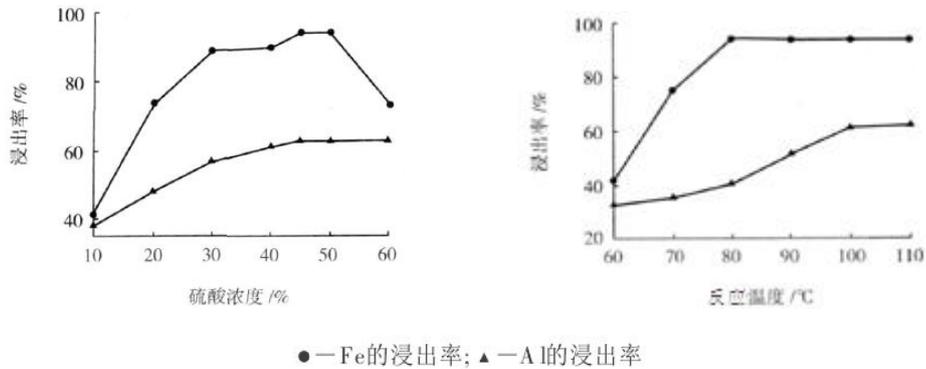
(4) $2\text{Al}_2\text{O}_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{Al} + 3\text{O}_2\uparrow$ O_2 、 CO_2 (CO)

【例 2】 (12 分)

用含有 Al_2O_3 及少量 Fe_2O_3 和 SiO_2 的铝土矿制备净水剂——液体聚合硫酸铝铁，工艺流程如下（部分操作和条件略）：

- 向铝土矿中加入过量 H_2SO_4 后，加热、搅拌、过滤。
- 向滤液中加入一定量的 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 和双氧水。
- 向溶液中加入 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 固体，调节溶液的 pH 约为 1，过滤。
- 加入稳定剂，加热，得到产品。

- (1) Fe_2O_3 与 H_2SO_4 反应的离子方程式是_____。
- (2) 步骤 I 中过滤得到的滤渣成分是_____ (填化学式)。
- (3) 步骤 I 中 H_2SO_4 的浓度与反应温度会影响铁与铝的浸出率。根据下图分析, 步骤 I 中 H_2SO_4 浓度的适宜范围是_____, 反应的适宜温度是_____。



- (4) 步骤 II 中增大 $n(\text{Fe}^{3+})$ 的离子方程式是_____。
- (5) 步骤 III 得到碱式硫酸铝铁 $[\text{AlFe}(\text{OH})_n(\text{SO}_4)_m]$ 的溶液, 则步骤 II 中应增大 $n(\text{Fe}^{3+})$ 到 $n(\text{Al}^{3+}) : n(\text{Fe}^{3+}) =$ _____。
- (6) 研究表明, 液体聚合硫酸铝铁的纯度越高, 净水效果越好。已知:

一些物质在 20°C 时的溶解度

物质	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	CaSO_4	Na_2SO_4
溶解度/g	0.153	0.258	19.5

结合表中数据, 解释步骤 III 中使

用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 而不用 NaOH 的原因

_____。

- (7) 铝土矿也可用于冶炼金属 Al。以金属 Al 作阳极, 稀硫酸作电解液, 通过电解会使金属 Al 的表面生成致密坚硬的氧化膜, 其电极反应式是

_____。

【2014 年朝阳期末】

【答案】(1) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

(2) SiO_2 (1 分)

(3) 45%~50%; (1 分) 100°C (1 分)

(4) $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Fe}^{3+}$

(5) 1 : 1 (1 分)

(6) 使用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 既能调节溶液的 pH, 又生成溶解度较小的 CaSO_4 , 得到的液体聚合硫酸铝铁的纯度较高。

(7) $2\text{Al} - 6\text{e}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+$

【例 3】 (13 分) 以铝灰 (主要成分为 Al、Al₂O₃, 另有少量 CuO、SiO₂、FeO 和 Fe₂O₃ 杂质) 为原料, 可制得液体聚合氯化铝 [Al_m(OH)_nCl_{3m-n}], 生产的部分过程如下图所示 (部分产物和操作已略去)。



已知某些硫化物的性质如下表:

物质	性质
Fe ₂ S ₃ 、Al ₂ S ₃	在水溶液中不存在
FeS	黑色, 难溶于水, 可溶于盐酸
CuS	黑色, 难溶于水, 难溶于盐酸

(1) 操作 I 是_____。

Al₂O₃ 与盐酸反应的离子方程式是_____。

(2) 滤渣 2 为黑色, 该黑色物质的化学式是_____。

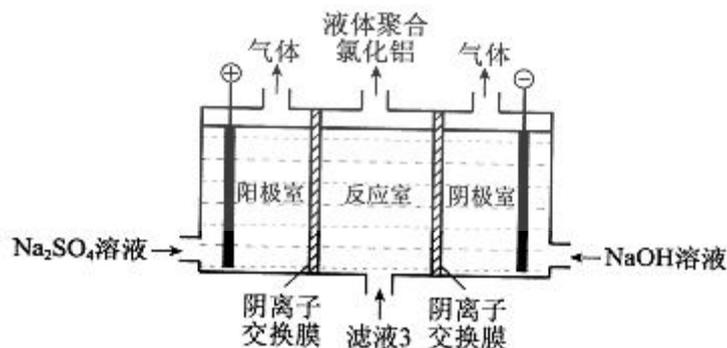
(3) 向滤液 2 中加入 NaClO 溶液至不再产生红褐色沉淀, 此时溶液的 pH 约为 3.7。

NaClO 的作用是_____。

(4) 将滤液 3 的 pH 调至 4.2~4.5, 利用水解反应得到液体聚合氯化铝。

反应的化学方程式是_____。

(5) 将滤液 3 电解也可以得到液体聚合氯化铝。装置如图所示 (阴离子交换膜只允许阴离子通过, 电极为惰性电极)。



①写出阴极室的电极反应: _____。

②简述在反应室中生成聚合氯化铝的原理: _____。

【2014 年西城一模】

【答案】 (1) 过滤 (2 分) Al₂O₃+6H⁺==2Al³⁺+3H₂O (2 分)

(2) CuS (2 分)

(3) 将 Fe²⁺ 氧化为 Fe³⁺, 使 Fe³⁺ 转化为 Fe(OH)₃ 沉淀 (2 分)

(4) mAlCl₃+nH₂O==Al_m(OH)_nCl_{3m-n}+nHCl (1 分)

(5) ①2H⁺+2e⁻==H₂↑ (2 分)

②电解过程中反应室中的 Cl^- 通过阴离子交换膜进入阳极室，阴极室中的 OH^- 通过阴离子交换膜进入反应室，生成聚合氯化铝（2分）

【例4】铝是地壳中含量最高的金属元素，其单质及合金在生产生活中的应用日趋广泛。

(1)真空碳热还原-氯化法可实现由铝土矿制备金属铝，其相关反应的热化学方程式如下：



①反应 $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{C}(\text{s}) = 2\text{Al}(\text{l}) + 3\text{CO}(\text{g})$ 的 $\Delta H =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (用含 a 、 b 的代数式表示)。

② Al_4C_3 是反应过程中的中间产物。 Al_4C_3 与盐酸反应(产物之一是含氢量最高的烃)的化学方程式为 _____。

(2)镁铝合金($\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$)是一种潜在的贮氢材料，可在氩气保护下，将一定化学计量比的 Mg 、 Al 单质在一定温度下熔炼获得。该合金在一定条件下完全吸氢的反应方程式为 $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12} + 17\text{H}_2 = 17\text{MgH}_2 + 12\text{Al}$ 。得到的混合物 Y ($17\text{MgH}_2 + 12\text{Al}$) 在一定条件下可释放出氢气。

①熔炼制备镁铝合金($\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$)时通入氩气的目的是 _____。

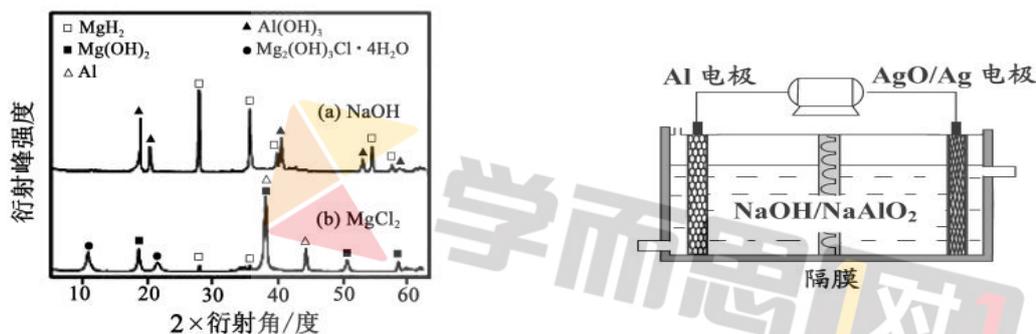


图1

②在 $6.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 溶液中，混合物 Y 能完全释放出 H_2 。

1 mol $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 完全吸氢后得到的混合物 Y 与上述盐酸完全反应，释放出 H_2 的物质的量为 _____。

③在 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 和 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ MgCl_2 溶液中，混合物 Y 均只能部分放出氢气，反应后残留固体物质的 X 射线衍射谱图如图1所示(X 射线衍射可用于判断某晶态物质是否存在，不同晶态物质出现衍射峰的衍射角不同)。在上述 NaOH 溶液中，混合物 Y 中产生氢气的主要物质是 _____ (填化学式)。

(3)铝电池性能优越， Al-AgO 电池可用作水下动力电源，

其原理如图2所示。该电池反应的化学方程式为 _____。

【来源】2012年江苏

【解析】(1) 根据盖斯定律，将所给两方程式相加得所求反应，对应 $\Delta H = (a+b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。含氢量最高的烃为 CH_4 ，根据碳原子守恒，3个碳需要结合12个H原子形成3个 CH_4 。再由铝原子守恒，4个铝需要结合12个Cl形成4个 AlCl_3 ，所以 Al_4C_3 与 HCl 之间为 1:12 参加反应。

(2) ①镁、铝都是活泼的金属单质，容易被空气中的氧气氧化，通入氩气作保护气，以防止二者被氧化。②1mol $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 完全吸氢 17mol，在盐酸中会全部释放出来。镁铝合金中的镁和铝都能与盐酸反应生成 H_2 ，物质的量分别为 17mol、18mol，则生成氢气一共 52mol。③镁与 NaOH

不反应，再根据衍射谱图可知，在 NaOH 溶液中产生氢气的主要物质是铝。

(3) 铝做负极，失电子被氧化，在碱性溶液中生成 NaAlO₂。氧化银做正极，得电子被还原为 Ag，电解质溶液为 NaOH 溶液，由此可写出总反应。

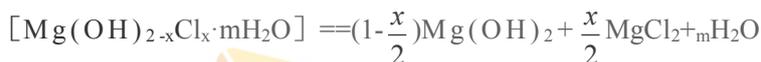
【答案】 (1)①a+b ②Al₄C₃+12HCl=4AlCl₃+3CH₄↑
 (2)②防止Mg、Al 被空气氧化 ②52 mol ③Al
 (3)2Al+3AgO+2NaOH=2NaAlO₂+3Ag+H₂O

【例 5】 往有机聚合物中添加阻燃剂，可增加聚合物的使用安全性，扩大其应用范围。例如，在某聚乙烯树脂中加入等质量由特殊工艺制备的阻燃型 Mg(OH)₂，树脂可燃性大大降低。该 Mg(OH)₂ 的生产工艺如下：



(1)精制卤水中的 MgCl₂ 与适量石灰乳反应合成碱式氯化镁 [Mg(OH)_{2-x}Cl_x·mH₂O]，反应的化学方程式为_____。

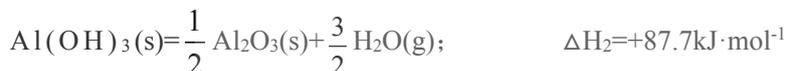
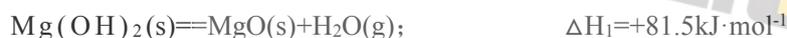
(2)合成反应后，继续在 393K~523K 下水热处理 8h，发生反应：



水热处理后，过滤、水洗。水洗的目的是_____。

(3)阻燃型 Mg(OH)₂ 具有晶粒大，易分散、与高分子材料相容性好等特点。上述工艺流程中与此有关的步骤是_____。

(4)已知热化学方程式：



①Mg(OH)₂ 和 Al(OH)₃ 起阻燃作用的主要原因是_____。

②等质量 Mg(OH)₂ 和 Al(OH)₃ 相比，阻燃效果较好的是_____，原因是_____。

(5)常用阻燃剂主要有三类：A.卤系，如四溴乙烷；B.磷系，如磷酸三苯酯；C.无机类，主要是 Mg(OH)₂ 和 Al(OH)₃。从环保的角度考虑，应用时较理想的阻燃剂是_____ (填代号)，理由是_____。

【答案】 (1)2MgCl₂+(2-X)Ca(OH)₂+2mH₂O=2[Mg(OH)_{2-x}Cl_x·mH₂O]+(2-X)CaCl₂

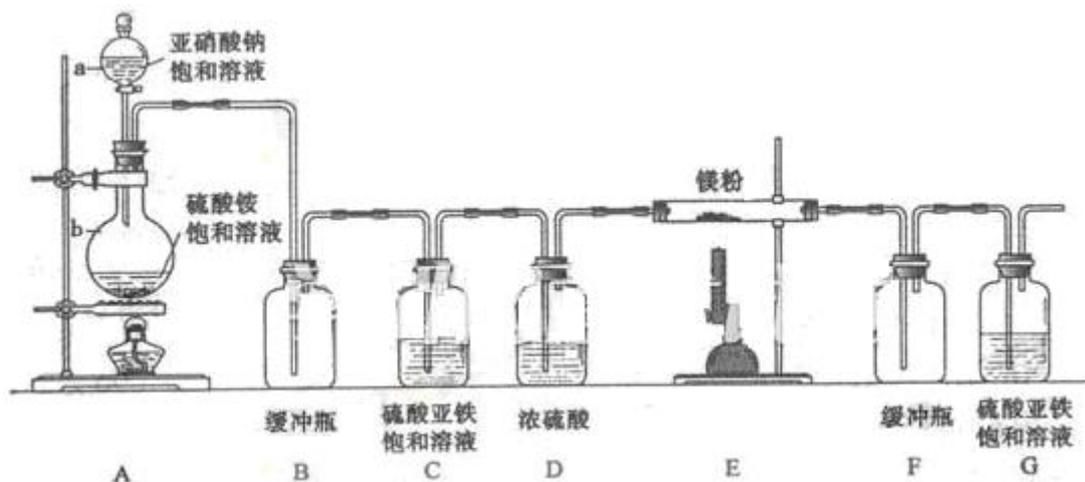
(2)除去附着在 Mg(OH)₂ 表面的可溶性物质 MgCl₂、CaCl₂ 等。 (3)表面处理。

(4)①Mg(OH)₂ 和 Al(OH)₃ 受热分解时吸收大量的热，使环境温度下降；同时生成的耐高温、稳定性好的 MgO、Al₂O₃ 覆盖在可燃物表面，阻燃效果更佳。

②Mg(OH)₂ Mg(OH)₂ 的吸热效率为：81.5kJ·mol⁻¹/58g·mol⁻¹=1.41 kJ·g⁻¹，Al(OH)₃ 的吸热效率为：87.7kJ·mol⁻¹/78g·mol⁻¹=1.12 kJ·g⁻¹ 等质量的 Mg(OH)₂ 比 Al(OH)₃ 吸热多。

(5)C 四溴乙烷、磷酸三苯酯沸点低，高温时有烟生成，且高温时受热分解产生有毒、有害的污染物。无机类阻燃剂 Mg(OH)₂ 和 Al(OH)₃ 无烟、无毒、腐蚀性小。

【例 6】制备氮化镁的装置示意图如下：



回答下列问题：

- 检查装置气密性的方法是_____，a 的名称是_____，b 的名称是_____；
- 写出 NaNO_2 和 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 反应制备氮气的化学方程式_____；
- C 的作用是_____，D 的作用是_____，是否可以把 C 和 D 的位置对调并说明理由_____；
- 写出 E 中发生反应的化学方程式_____；
- 请用化学方法确定是否有氮化镁生成，并检验是否含有未反应的镁，写出实验操作及现象_____。

【来源】2013 年大纲卷

【答案】(1) 微热 b，这时 G 中有气泡冒出，停止加热冷却后，G 中插在溶液里的玻璃管形成一段水柱，则气密性良好 分液漏斗 圆底烧瓶



(3) 除去氧气（及氮氧化物） 除去水蒸气 不能，对调后无法除去水蒸气 (4) $\text{N}_2 +$



(5) 取少量产物于试管中，加入少量蒸馏水，试管底部有沉淀生成，可闻到刺激性氨味（把湿润的红色石蕊试纸放在管口，试纸变蓝），证明产物中含有氮化镁；弃去上清液，加入盐酸，若观察到有气泡产生，则证明产物中含有未反应的镁

【例 7】（11 分）某研究小组进行 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀溶解和生成的实验探究。

向 2 支盛有 $1\text{ mL } 1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 MgCl_2 溶液中各加入 10 滴 $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH ，制得等量 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀；然后分别向其中加入不同试剂，记录实验现象如下表：

实验序号	加入试剂	实验现象
I	$4\text{ mL } 2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl 溶液	沉淀溶解
II	$4\text{ mL } 2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NH_4Cl 溶液	沉淀溶解

- 从沉淀溶解平衡的角度解释实验 I 的反应过程_____。
- 测得实验 II 中所用 NH_4Cl 溶液显酸性（pH 约为 4.5），用离子方程式解释其显酸性的原

因_____。

(3) 甲同学认为应补充一个实验：向同样的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀中加 4 mL 蒸馏水，观察到沉淀不溶解。该实验的目的是_____。

(4) 同学们猜测实验 II 中沉淀溶解的原因有两种：一是 NH_4Cl 溶液显酸性，溶液中的 H^+ 可以结合 OH^- ，进而使沉淀溶解；二是_____。

(5) 乙同学继续进行实验：向 4 mL $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NH_4Cl 溶液中滴加 2 滴浓氨水，得到 pH 约为 8 的混合溶液，向同样的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀中加入该混合溶液，观察现象。

① 实验结果证明 (4) 中的第二种猜测是成立的，乙同学获得的实验现象是_____。

② 乙同学这样配制混合溶液的理由是_____。

【2014 年海淀期末】

【答案】 (1) $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ (1 分)，盐酸中的 H^+ 与 OH^- 中和使得 OH^- 浓度减小平衡右移 (1 分)，沉淀溶解

(2) $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$ (2 分)

(3) 排除实验 I、II 中 (1 分) 溶剂水使沉淀溶解的可能性 (1 分) (只答“4 mL 水不能使沉淀溶解”给 1 分)

(4) 溶液中 $c(\text{NH}_4^+)$ 较大， NH_4^+ 结合 OH^- 使沉淀溶解 (2 分)

(5) ① 沉淀溶解 (1 分) ② 混合溶液显碱性， $c(\text{H}^+)$ 非常小 (1 分，或答“ H^+ 不与 OH^- 结合”)， $c(\text{NH}_4^+)$ 较大 (1 分，或答“ $c(\text{NH}_4^+)$ 与 NH_4Cl 溶液接近”) 能确定是 NH_4^+ 结合 OH^- 使沉淀溶解